Aus der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität München.

Wie wird die Festigkeit der in der Zahnheilkunde verwendeten Porzellanmassen durch verschiedene Verarbeitungsmethoden vor dem Brennvorgang beeinflußt?

INAUGURAL-DISSERTATION

abgefaßt zur Erlangung der Doktorwürde
in der Zahnheilkunde
und einer Hohen medizinischen Fakultät
der Universität München

vorgelegt von

RUDOLF HARTMANN

19 39

DISSERTATIONS-VERLAG G. H. NOLTE DÜSSELDORF

Referent: Professor Dr. M. Kösters

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Es bestehen heute keine Zweifel mehr darüber, daß dem Porzellan anstelle des Goldes ein größerer Platz und eine noch größere Bedeutung eingeräumt werden muß. Denn waren wir früher auf amerikanische Erzeugnisse angewiesen, so stehen uns zur Zeit eine Anzahl hervorragender deutscher Porzellanmassen und Brennöfen zur Verfügung, die es jedem Praktiker ermöglichen, sich dem schönsten Gebiet der zahnärztlichen Technik, der Keramik, zu widmen.

Die auf diesem Arbeitsgebiet erzielten Erfolge bestätigen uns, daß die an den neuen Werkstoff gestellten Forderungen (einwandfreie Kosmetik, genügende Druck- und Biegefestigkeit, Standfestigkeit beim Brennen usw.) erfüllt werden. Dazu muß von vorneherein erwähnt werden, daß es sich beim Porzellan um einen spröden Körper handelt, dessen Eigenschaften nicht mit denen der Metalle, wie wir sie in der zahnärztlichen Technik verwenden, zu vergleichen sind. Das Verhalten bei Überbeanspruchung ist dementsprechend anders und führt hier, im Gegensatz zu den Metallen, zum Bruch. Ist ein Porzellanersatz durch übermäßige Beanspruchung, z. B. durch Stoß oder zu große Belastung bei Knirschern usw. zerstört worden, so ist dies erklärlich. Unbegreiflich und ärgerlich ist es, wenn dieses „Unglück" manchmal auch scheinbar ohne besonderen Anlaß, wenn es selbst bei scharfer Indikationsstellung und bei genauer Befolgung der geltenden Präparationsgesetze geschieht. Bei dem hohen Stand unserer orzellanmassen ist die Ursache gelegentlicher Mißerfolge nicht auf den Werkstoff selbst, sondern auf seine nachlässige Behandlung vor dem Brennen und noch vielmehr auf einen falschen Brand selbst zurückzuführen. Es werden wohl von den Firmen Verarbeitungs- und Brennvorschriften angeführt, doch ist es möglich, daß der Praktiker unbewußt mehr oder weniger davon abweicht und so Gefahr läuft, ein minderwertiges oder fehlerhaftes Brenngut zu erhalten.

Ich habe mir nun aus diesem Grunde die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, ob und inwieweit die Festigkeit verschiedener zahnärztlicher Porzellane, durch verschiedene Verarbeitungsmethoden, vor dem Brennen beeinflußt werden.

Die von mir zu den Untersuchungen verwendeten Massen sind die von den Firmen Wienand mit den Schmelzpunkten von 950° C und 1340° C, von Hutschenreuther mit den Smp. von 1150° C und 1350° C und Vita mit dem Smp. von 980° C. Alle diese Massen unterliegen bestimmten Verarbeitsvorschriften, die man in drei Phasen teilen kann.

1. Verarbeitung vor dem Brennen. Darunter verstehe ich das Anrühren der Masse mit einer vorgeschriebenen Flüssigkeit zu einer bestimmten Konsistenz und mit einem Verfärbungen ausschließenden Spatel, ferner die Beachtung der Vorschriften über Kondensierung durch Riffeln oder Peitschen und Auftragen von Trockenpulver, um der Masse möglichst viel Flüssigkeit zu entziehen und ein dichtes Aneinanderlagern der einzelnen Teilchen zu bedingen oder ein besonderes Kondensationsverfahren zu unterlassen, wie es z. B. die Vita-Masse verlangt. Ferner ist das Einhalten eines gewissen Trockenprozesses erforderlich.

2. Sorgfältiges Behandeln der Massen während des Brandes. Die Wichtigkeit der Beachtung der Beziehungen zwischen Zeit und Temperatur möchte ich hier anführen, da ich bei der Herstellung meiner Versuchskörper besonders darauf achten mußte. Ilg schreibt darüber folgendes:

„Die Güte des Brenngutes ist abhängig von der Brennwirkung, welche sich zusammensetzt aus der Summe von Temperatur und Brenndauer. Es ist für die Güte des gebrannten Porzellans nicht gleichgültig, ob es durch scharfes Befeuern zu einer oberflächlichen Verglasung gekommen ist, oder ob es durch langsame Temperatursteigerung durch seine ganze Masse hindurch gargebrannt ist. Je langsamer also der Temperaturanstieg und je länger die Brenndauer, um so besser der Brand und um so wertvoller das dadurch erzielte Porzellan." Außerdem wird der Brand besonders bei den niedrig fließenden Massen übersichtlich gehalten und nicht zuletzt das Auftreten von Trockenrissen vermieden. Es ergibt sich ohne weiteres, daß dieses Prinzip nicht ad absurdum geführt werden kann. Es ist schon aus wirtschaftlichen Gründen eine Höchstbrenndauer einzuhalten und daraus ergibt sich dann wieder für jedes Porzellan eine Mindesttemperatur, die z. B. von der Firma Wienand angegeben wird. Das Brennen einer Porzellankrone mit der Wienandmasse, Smp. 1350° C unterliegt folgenden Vorschriften:

1. Brand von 1150—1250° C in 8 Minuten. Nach diesem Brand soll das Objekt eine körnige Oberfläche aufweisen. Die Mindesttemperatur beträgt also hier 1150° C und die Mindestbrenndauer 8 Minuten, innerhalb welcher die Temperatur bis 1250° C steigen muß.

Für den zweiten Brand gilt folgendes: Einbringen der Krone in den Ofen bei 1250° C, Brenndauer 4 Minuten. Die Temperatur soll dabei gleichmäßig bis 1300° C ansteigen. Die Oberfläche des Brenngutes darf jedoch keine endgültige Glasur aufweisen.

3. Brand von 1275—1350° C in 6 Minuten. Die Krone soll nunmehr einen seidenartigen Glanz haben und alle Feinheiten der Modellierung müssen erhalten sein.

Vom Typ und vom Alter des Ofens, ferner von der Zuverlässigkeit des Pyrometers wird es abhängen, ob diese Bedingungen genauestens erfüllt werden können. Im allgemeinen ist es unerläßlich, die einzelnen Brennphasen auch noch mit dem Auge zu verfolgen,

um am Aussehen der Oberfläche eines Brenngutes die Brennwirkung einwandfrei feststellen zu können.

3. Besonders zu beachten ist das langsame Abkühlen des Brenngutes, um das Entstehen von mikroskopisch kleinen Sprüngen zu verhindern und die Reinigung mit Wasser und Seife eines beschliffenen Objektes vor einem weiteren Brand, um Schwächung und Verfärbung durch eingebrannte Fremdkörper zu unterbinden.

Von diesen drei Punkten habe ich den ersten zum Gegenstand meiner Betrachtungen gemacht. Punkt 2 und 3 bleiben bei meinen Untersuchungen konstant, d. h. ich richtete mich darin nach den Vorschriften der verschiedenen Firmen. Ein untergeordneter Versuch zu Punkt 3 soll zeigen, wie sich die Probekörperchen betreffend der Biegefestigkeit verhalten, wenn sie in wesentlich verschiedenen Stärken hergestellt bis zu einem guten Bisquitbrand gebrannt werden.

Das Anfertigen der Probekörper aus der Vita-Masse mit dem Schmelzpunkt 80° C sei als Beispiel genannt.

Erster Versuch: 1. Arbeitsgang.

Anrühren von 8,5 mg Vita-Porzellan mit 17 Tropfen 80% Alkohol (nach Vorschrift). Einbringen des Breies in eine Hohlform. Entfernen des zu einem Plättchen geformten Porzellans. Siehe Abbildung.

Was die Herstellung der Plättchen betrifft, beschränke ich mich darauf, zu erklären, daß es mir erstens mittels dieser Hohlform, zweitens durch genaues Abwiegen der Massen unter Hinzufügung der erforderlichen Flüssigkeitsmenge gelang, Scheibchen von nahezu gleichen Dimensionen anzufertigen, so daß ich dadurch hinreichend genaue Versuchsobjekte erhielt. Dieses so erhaltene Versuchsobjekt unterlag nun gemäß der Fabrikvorschrift einem Trockenprozeß von 10 Minuten bei Zimmertemperatur und weiteren 10 Minuten vor dem geöffneten Udo-Ofen, wobei durch Drehen ein gleichmäßiges Austrocknen angestrebt wurde.

2. Arbeitsgang.

Bei 800° C stellte ich diese Objekte in den Ofen und erreichte in 5 Minuten, innerhalb welcher die Temperatur langsam und gleichmäßig unter Kontrolle des Pyrometers und des Auges bis 900° C anstieg, einen Bisquitbrand. Ausschalten des Ofens und langsames Abkühlen folgten.

Zweiter Versuch: 1. Arbeitsgang.

Anrühren von 850 mg Vita-Porzellan mit 7 Tropfen destill. Wasser, wobei ich mit dieser geringen Flüssigkeitsmenge einen Brei mit ungefähr derselben Konsistenz wie beim vorangehenden Versuch erhielt. Dies zeigt deutlich das grundverschiedene Verhalten

der Massenteilchen zu diesen beiden Flüssigkeiten. Dabei ergibt sich in letzterem Fall ein Scheibchen mit wesentlich dichterem Gefüge, welches sich beim Brennen anders verhalten muß, sei es daß es eine geringere Sintierung aufweist oder bessere statische Werte ergibt.

Die Prozesse des Trocknens, Brennens und Abkühlens erfolgen nun, und auch in den folgenden Versuchen, wie oben geschildert.

Dritter Versuch:

Zwei Drittel der Masse werden mit 15 Tropfen 80% Alkohol angerührt. Der Rest wird nach und nach unter Riffeln als Trockenpulver beigegeben. Auf diese Weise erhielt ich ein Plättchen, welches an der Oberfläche, im Vergleich zu dem mit 17 Tropfen 80% Alkohol verarbeiteten, ein mattes Aussehen zeigte und wie aus der geringeren Flüssigkeitsmenge ersichtlich ist, eine dichtere Struktur haben muß.

Vierter Versuch:

Anrühren von zwei Drittel der Masse mit 6 Tropfen dest. Wasser. Der Rest wurde wiederum in Form von Trockenpulver unter Riffeln beigegeben. Der Wassergehalt konnte hier um einen Tropfen gesenkt werden, wie der Vergleich mit Versuch 2 zeigt.

Fünfter Versuch:

Anrühren der Masse mit 16 Tropfen 50% Alkohol. Man kann sagen: Je niedrigerprozentig der Alkohol, desto weniger ist zum Anrühren notwendig; natürlich um dieselbe Konsistenz zu erreichen.

Sechster Versuch:

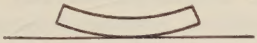
Anrühren mit 17 Tropfen 80% Alkohol. Den Trockenprozeß habe ich diesmal auf 1½ Tage ausgedehnt.

Ich fasse diese sechs Versuche, die ich für alle Massen gleich durchführte, kurz zusammen:
Anrühren von 850 mg Masse mit

1. 17 Tropfen 80% Alkohol,
2. 7 Tropfen dest. Wasser,
3. 15 Tropfen 80% Alkohol unter Zufügen von Trockenpulver und Riffeln,
4. 6 Tropfen dest. Wasser unter Hinzufügen von Trockenpulver und Riffeln,
5. 16 Tropfen 50% Alkohol,
6. 17 Tropen 80% Alkohol unter 1½täg. Trockenprozeß.

Nachdem so die Plättchen nach verschiedenen Verarbeitungsmethoden hergestellt und getrocknet wurden, brachte ich je zwei in den Udo-Ofen, bis sie nach den jeweiligen Brennvorschriften Bisquitbrand erreicht hatten. Dabei konnte ich gemäß der Anordnung der Silitstäbe beobachten, daß ihre Oberfläche die größte Hitze empfing

und so zuerst der Sinterung ausgesetzt war. Durch die Kontraktion der Oberfläche hoben sich die Scheibchen am Rande und stellten nun einen flachen Teller dar. Siehe Abbildung. Nachdem die ganze



Masse nach einiger Zeit in einen gewissen Schmelzfluß geriet und die Sinterung das ganze Objekt erfaßte, legte es sich wieder plan auf die Unterlage auf.

Während des Brandes konnte ich die Sinterung nach allen Dimensionen feststellen. Die Plättchen habe ich nun alle plan parallel und auf die Dicke von 1,5 mm geschliffen, um Ungenauigkeiten, entstanden durch die Schwierigkeit der Herstellung und die unterschiedliche Sinterungstendenz der einzelnen Massen, auszugleichen. Durch einen entsprechenden Schleifvorgang erzielte ich für alle Probekörper den gleichen Durchmesser von 13,2 mm.

Auf die Feststellung genauer Werte, welche die Sinterungsneigung der verschiedenen Massen veranschaulicht hätte, legte ich keinen Wert, sondern möchte an dieser Stelle die Untersuchungen, die Ilg über die Schwindungsneigung der verschiedenen, in Deutschland hergestellten, Porzellanmassen angestellt hat, anführen.

„Die Untersuchungen befaßten sich mit der Herstellung gleich großer „Rohlinge", d. h. mit der Herstellung von Porzellanstäbchen, die im ungebrannten Zustande die gleichen Ausmaße aufwiesen. Die Abmessungen in diesem Zustand waren bekannt und es wurden nun die Messungen der verschiedenen Dimensionen nach dem Brand damit verglichen.

Die folgenden Zahlen geben die lineare Schrumpfung in Hundertteilen wieder, die im groben Durchschnitt die drei Dimensionen Länge, Höhe und Breite aufwiesen.

Es schrumpfte die Länge um etwa 16%, die Breite um etwa 14%, die Höhe um etwa 17,5%.

Wir sehen also, daß die Breite die geringste Schrumpfung, die Höhe dagegen eine außerordentlich starke Schwindung aufweist, im Vergleich zur Längsschwindung.

Zur Untersuchung gelangten Porzellanstäbchen von durchschnittlich 3,5 × 6,4 × 31,0 mm.

Im Hinblick auf die einzelnen Fabrikate ergaben sich unter sonst gleichen Versuchsbedingungen folgende Schrumpfungswerte: Es handelt sich hier um Volum Prozent.

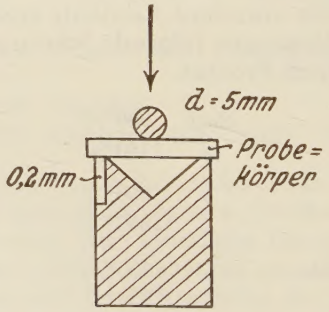
Vita	Smp.	930° C	42,05 %
	„	1130° C	40,3 %
Winand	„	950° C	45,6 %
	„	1350° C	43,9 %
Hutschenreuth	„	1150° C	45,5 %
	„	1350° C	44,2 %

Es geht aus diesen Zahlen ganz eindeutig hervor, daß der Schmelzpunkt der Porzellanmasse in keinem absoluten Zusammenhang mit der Schrumpfungsneigung steht. Es kann wohl für das einzelne Fabrikat der Satz aufgestellt werden, daß die niederschmelzenden Massen eine größere Schrumpfungsneigung besitzen; man kann dagegen nicht allgemein behaupten, daß mit einer Erhöhung des Schmelzpunktes auch der Grad der Schwindung geringer würde. Ich weise nur darauf hin, daß z. B. die Vita-Masse Smp. 930° C eine deutlich geringere Schwindung aufweist als die beiden oben angeführten Massen mit dem Smp. von 1350° C. Es scheint die Schrumpfungsneigung in der Hauptsache von der Art der Herstellung bestimmt zu sein. Ich habe meine Untersuchungen dann weiterhin auf den Einfluß der Vibration bezw. Nicht-Vibration auf die Schrumpfungsneigung ausgedehnt und habe feststellen können, was bisher bereits bekannt und die Basis für das Rüttel-Schlagverfahren bildete, daß bei allen Massen, unter sonst gleichen Versuchsbedingungen, die vibrierten Massen weniger schwinden als die nicht vibrierten."

			vibriert	nicht vibriert
Vita	Smp.	930° C	37,3 %	42,05 %
	„	1130° C	37,95 %	40,3 %
Winand	„	950° C	–	45,6 %
	„	1350° C	38,9 %	43,9 %
Hutschenreuth	„	1150° C	40,9 %	45,5 %
	„	1350° C	–	44,2 %

Nach diesen Ausführungen Ilg's komme ich noch ganz kurz zur weiteren Versuchsanordnung bei meinen Untersuchungen.

Ich legte meine Probeplättchen auf einen Körper aus Silberstahl. Dabei wurden sie, durch den Rand des Zylinders mit der Breite von 0,2 mm, kreisförmig abgestützt (siehe Abbildung). Dann erfolgte die Belastung im Mittelpunkt des Zylinders und somit auch in der Mitte der Plättchen mittels einer Stahlkugel, deren Durchmesser 5 mm betrug.



Die folgenden Tabellen zeigen, bei welcher Biegungsbelastung die Versuchsobjekte zerbrachen.

Tabelle I.

Wienand-Masse. Smp. 950° C. Brenndauer 5 Minuten von 800°—900° C.

Verarbeitungmethoden	Belastung in kg, bei welchen die Versuchskörper zerbrachen.					Mittelwert
1) 17 Tropfen 80% Alkohol	4,1	5,1	5,4	4,0	4,0	4,52
2) 7 Tropfen dest. Wasser	3,5	3,5	3,0	3,6	3,7	3,46
3) 15 Tropfen 80% Alkohol Trockenpulver u. Riffeln	4,1	4,1	3,9	4,0	4,0	4,02
4) 6 Tropfen dest. Wasser Trockenpulver n. Riffeln	3,7	3,7	3,7	3,8	3,5	3,68
5) 16 Tropfen 50% Alkohol	3,8	3,4	3,5	3,4	3,6	3,54
6) 17 Tropfen 80% Alkohol $1^1/_2$ tägiger Trockenprozeß	3,8	3,5	3,9	3,7	3,5	3,68

Diese Masse wird vorschriftsmäßig mit Alkohol (wieviel prozentig ist im Prospekt nicht angegeben) angerührt, auf das Modell aufgetragen, 10 Minuten an der Luft, 10 Minuten in der Vorwärmemuffel getrocknet und von 850—900° C, in 3—4 Minuten gebrannt.

Vorausschicken möchte ich, daß ich die Temperaturspanne, ebenso wie die Brenndauer, um einen guten Bisquitbrand zu erreichen, bei allen Bränden erhöhte, da bei meinen Versuchen größere Porzellanmengen, als es bei Füllungen oder Kronen der Fall ist, gebrannt wurden. Ebenso muß ich ausdrücklich anführen, daß sich Versuche mit spröden Körpern, wie es diese Porzellanscheibchen darstellen, niemals mit solch exakter Genauigkeit durchführen lassen, wie es bei Metallen möglich ist und daß geringe Ungenauigkeiten und Fehlerquellen hingenommen werden müssen. Da mir zur Bestimmung der Biegefestigkeit leider keine hochfeinen Apparaturen zur Verfügung standen, können diese Mittelwerte nur als Verhältniszahlen gewertet werden.

Ergebnisse aus Tabelle I: Die Scheibchen der mit 80% Alkohol angerührten Masse stehen mit dem Mittelwert der Biegefestigkeit von 4,52 kg Belastung über allen erhaltenen Durchschnittszahlen. Eine Steigerung der Biegefestigkeit durch Vibrieren und Zusetzen von Trockenpulver, wodurch man höhere Werte, durch das enge Aneinanderlagern der einzelnen Teilchen, zu erhalten dachte, wird hier durch meine Versuche nicht bestätigt, da eine geringe Erhöhung des Wertes von 3,46 kg auf 3,68 kg durch das Kondensieren beim Wasserversuch auch auf obengenannte Gründe zurückgeführt werden kann.

Die Verarbeitung mit 50% Alkohol ergibt Objekte mit einem schlechten Mittelwert. Ferner ist ersichtlich, daß ein langer Trockenprozeß die Güte des Brenngutes herabsetzte, und zwar von 4,52 kg auf 3,68 kg Belastung.

Tabelle II.

Wienand-Masse. Smp. 1350° C. Brenndauer 10 Minuten von 1150°—1300° C.

Verarbeitungsmethoden	Belastung in kg					Mittelwert
1.	4,9	4,8	4,4	4,5	5,3	4,78
2.	4,9	4,9	5,8	4,8	5,0	5,08
3.	4,0	4,3	5,7	4,5	4,7	4,64
4.	5,0	4,9	5,5	4,9	5,7	5,20
5.	4,3	4,1	5,4	4,5	4,0	4,46
6.	3,7	4,8	5,8	3,0	5,8	4,62

Die Verarbeitung laut Fabrikvorschrift erfolgt mit dest. Wasser und Kondensierung. Auf diese Weise erzielte ich eine Belastung von 5,2 kg. Zugleich ist dies der beste Wert aus dieser Versuchsreihe. Ungünstig gestalten sich die Ergebnisse bei Verarbeitung mit Alkohol überhaupt.

Tabelle III.

Hutschenreuth. Recta II Masse. Schmelzpunkt 1150° C. Brenndauer 10 Minuten von 950°—1100° C.

Verarbeitungsmethoden	Belastung in kg					Mittelwert
1.	3,6	3,6	3,0	3,1	3,5	3,36
2.	3,9	3,8	3,1	3,8	3,9	3,70
3.	3,2	3,5	3,5	3,0	3,7	3,38
4.	4,0	3,6	3,5	3,8	3,9	3,76
5.	4,0	3,6	4,0	4,0	3,9	3,90
6.	3,1	0,9	3,0	2,6	2,9	2,50

Ergebnisse: Die errechneten Mittelwerte bewegen sich in sehr engen Grenzen. Durch Kondensieren der Masse erhielt ich jeweils etwas höhere Werte. Der Versuch mit 50% Alkohol schneidet mit 3,9 kg am besten ab. Das ist die einzige Masse, die bei Verarbeitung von 50% Alkohol einen günstigen Wert ergibt. Bei einem 1½täg. Trockenprozeß erzielte ich die geringste Biegefestigkeit. Die stark von einander abweichenden Werte lassen sich darauf zurückführen,

daß die vollkommen ausgetrockneten Plättchen beim Einbringen in den Ofen erschüttert, so in ihrem inneren Gefüge gelockert wurden, indem sich kleine Risse bildeten. Es entstanden so mehrere Schwindungszentren, wodurch die Ausbildung eines homogenen Gefüges beim Brennen verhindert wurde und so zu dem wesentlichen Festigkeitsabfall beigetragen haben.

Da mir genügend Recta II Masse zur Verfügung stand, konnte ich noch folgenden interessanten Versuch ausführen: Ich stellte durch leichtes Pressen des Porzellanpulvers 6 Scheibchen ohne Verwendung einer bindenden Flüssigkeit her und erhielt als Biegefestigkeit den Mittelwert von 3,2 kg, der um Geringes tiefer liegt als der jener Veruschskörper, die mittels einer Flüssigkeit hergestellt wurden. Wie steht es hier aber mit der Sinterung?

Die Verwendung irgend eines Bindemittels (Alkohol oder dest. Wasser) ist notwendig, um die Verarbeitung der Porzellanmassen überhaupt zu ermöglichen und trägt auch zur Erhöhung der Biegefestigkeit bei. Ausschlaggebend ist aber die Zusammensetzung der Massen. Hat z. B. eine Porzellanmasse nach dem Brand aus sich selbst heraus zu schlechte statische Werte, so könnten diese, selbst bei noch so exakter Verarbeitung, nur unwesentlich verbessert werden.

Tabelle IV.

Hutschenreuth Recta I Masse. Smp. 1350° C.
Brenndauer 10 Minuten von 1150°—1300° C.

Verarbeitungsmethoden	Belastung in kg					Mittelwert
1.	4,7	3,7	3,6	4,0	4,0	4,00
2.	4,0	3,9	4,0	4,2	4,2	4,06
3.	4,1	3,8	5,0	4,0	4,1	4,20
4.	4,5	4,6	4,8	4,9	4,2	4,60
5.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,02
6.	4,1	3,9	3,7	4,3	4,0	4,00

Ergebnisse: Nach der vorschriftsmäßigen Verarbeitung mit dest. Wasser und Auftragen von Trockenpulver unter Vibration erzielte ich den Bestwert von 4,60 kg, ohne Kondensation nur einen solchen von 4,06 kg Belastung. Bei den Alkoholversuchen erhöht sich durch Kondensieren die Biegefestigkeit, wie aus den beiden entsprechenden Werten zu ersehen ist. Die übrigen Verarbeitungsmethoden bewirken kaum eine Änderung in der Güte des Brenngutes.

Tabelle V.

Vita-Masse. Smp. 980° C. Brenndauer 5 Minuten von 800°—900° C.

Verarbeitungsmethoden	Belastung in kg					Mittelwert
1.	3,0	3,9	3,7	3,5	3,5	3,52
2.	3,4	3,7	3,5	3,4	3,5	3,50
3.	3,1	3,9	3,4	3,4	3,4	3,45
4.	3,6	3,9	3,8	3,7	3,8	3,76
5.	—	—	—	—	—	—
6.	—	—	—	—	—	—

Die Verarbeitung mit dest. Wasser unter Kondensierung ergibt den höchsten Wert von 3,76 kg. Diese Masse hat bezüglich der Höhe der Biegefestigkeit große Ähnlichkeit mit der Recta II Masse Smp. 1150° C. Die Werte sind hier nur geringen Schwankungen unterworfen, so daß von einem Einfluß der Verarbeitung auf die Biegefestigkeit kaum gesprochen werden kann.

Tabelle VI.

Hutschenreuth Recta II Masse. Smp. 1150° C.

Verarbeitungsmethoden	Belastung in kg			Mittelwert
A	3,6	3,9	3,7	3,7
B	3,5	3,6	3,7	3,6
C	3,5	3,3	3,4	3,4

Folgendes muß ich noch vorausschicken, ehe ich zu den Ergebnissen aus diesen 3 Versuchsreihen komme. Ich stellte Scheibchen von verschiedenen Dicken folgendermaßen her.

zu A. 800 mg Masse rührte ich mit 19 Tropfen 80% Alkohol an und erhielt ein Plättchen mit der Dicke von 2,6 mm vor dem Brand. Brenndauer war 10 Minuten von 950—1100° C.

zu B. 1100 mg Masse rührte ich mit 25 Tropfen 80% Alkohol an und erhielt ein Plättchen mit der Dicke von 3,8 mm. Brenndauer 11 Minuten von 950—1100° C.

zu C. 1400 mg Masse rührte ich mit 35 Tropfen 80% Alkohol an und erhielt ein Plättchen mit der Dicke von 5,8 mm. Die Brenndauer betrug 12 Minuten von 950—1100° C.

Indem ich die Brenndauer jeweils eine Minute verlängerte, war der Bisquitbrand für alle Scheibchen ungefähr derselbe. Besonders genau führte ich die Verarbeitung der Massen aus, da ein blasenfreies Auftragen sich mit zunehmender Menge schwieriger gestaltet. Hierauf wurden sämtliche Objekte auf die Dicke von 1,5 mm ge-

schliffen und auf Biegung belastet wie bei allen anderen Versuchen. Die Tabelle zeigt, daß die Mittelwerte fallen, je dicker der zu brennende Versuchskörper ist. Es wäre in diesem Falle sicherlich falsch anzunehmen, daß mit der steigenden Dicke der zu brennenden Körper die Biegefestigkeit gleichmäßig abnehmen würde. Selbstverständlich könnte dieser Fall eintreten, wenn man nicht die nötige Sorgfalt, die hier besonders am Platze ist, beim Auftragen der Porzellanmassen walten ließe. Dann würde aber die Biegefestigkeit sicherlich sprungweise abfallen, da etwaige eingeschlossene Luftblasen die Güte des Brenngutes wesentlich herabsetzen würden.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Was sich im allgemeinen aus sämtlichen Versuchen ergibt, möchte ich folgendermaßen festlegen:

Irgendwelche gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen Verarbeitung und Biegefestigkeit der einzelnen Massen und der Massen untereinander lassen sich daraus nicht ableiten. Das liegt an der verschiedenen Zusammensetzung der zahnärztlichen Porzellane und dem sich daraus ergebenden unterschiedlichen Verhalten derselben zur Verarbeitung vor dem Brand und besonders zum Brennprozeß selbst. Nach einmaligem Brand der nach verschiedenen Verarbeitungsmethoden hergestellten Probekörper ergibt sich:

1. Die hochfließenden Massen zeigen die größte Biegefestigkeit, die von den niedrig- und mittelfließenden, mit Ausnahme der Wienand-Masse Smp. 950° C, nicht erreicht wird. Damit ist aber nicht gesagt, daß die statischen Werte aller mittel- und niedrigfließenden Massen wirklich geringer wären, denn es handelt sich ja hier, wie schon erwähnt, um einen einmaligen, und zwar um einen Bisquittbrand. Sicher ist, daß die Biegefestigkeit nach einem zweiten und einem abschließenden Glasurbrand, und zwar bei jeder Masse, je nachdem ob sie niedrig-, mittel- oder hochfließend ist, steigen oder sinken kann *). Die Frage, ob eine, wenn auch ungefähre Gleichwertigkeit zwischen den Massen besteht, steht jedenfalls offen. Im übrigen gleichen sich bei meinen Versuchen die Hutschenreuther-Masse Smp. 1150° C und die niedrigfließende Vita-Masse. Der wesentliche Vorteil der niedriger fließenden Porzellane besteht darin: Sie finden Verwendung bei der Herstellung von Inlays nach der allgemein gebräuchlichen Brillatmethode. Durch ihren niedrigen Schmelzpunkt ermöglichen sie erst das Brennen auf Neo-Brillat Modellen, die nur einer Höchsttemperatur von 1200° C standhalten. Der Arbeitsgang erfordert etwas weniger Zeit und eine einfachere Ofenanlage, da das Brennen bei niedrigen Temperaturen viel rascher vonstatten geht. Ferner erlauben sie das Aufbrennen auf eine opake Grundmasse, die sich durch besondere Standfestigkeit und statische Werte auszeichnet und bei der Porzellanbrückentechnik nach der

*) siehe Inaugural-Dissertation, abgefaßt v. Lorenz Scheiner 1937.

Hiltebrandt'schen Methode angewendet wird. Während man aber bei den hochschmelzenden Massen nicht so ängstlich auf die genaue Einhaltung der höchsten Temperaturen zu achten braucht, ist es eine Eigenart der mittel- und niedrig schmelzenden Massen, daß sie in keinem Fall überbrannt werden dürfen, da sich sonst Verziehungen und vor allen Dingen Farbveränderungen des gebrannten Körpers ergeben können.

2. Mit destilliertem Wasser verarbeitet erhält man bei den hochfließenden Massen die größte Biegefestigkeit. Hutschenreuther 1150° und Vita 980° ergeben mit destilliertem Wasser verarbeitet nur unwesentlich höhere Werte. Bei Wienand 950° gestaltet sich die Verarbeitung mit 80% Alkohol am günstigsten.

3. Durch das Riffelverfahren und das gleichzeitige Auftragen von Trockenpulver bei Verwendung von Alkohol erzielt man meist keine größere Biegefestigkeit; bei Verwendung von destilliertem Wasser dagegen, ist geringes Ansteigen derselben zu bemerken.

Das Kondensieren in dieser Form hat wohl weniger den Zweck in dieser Richtung bedeutend bessere Ergebnisse zu erzielen; vielmehr wird dadurch eine wesentlich größere Standfestigkeit der Massen erhalten, wie es die Ergebnisse von Ilg zeigen.

4. Bei den hochfließenden Massen gestalten sich die Ergebnisse bei Verarbeitung mit 50% Alkohol etwas besser als bei 80% Alkohol. Hutschenreuther 1150° C und Wienand 950° C verhalten sich dabei unterschiedlich. Es läßt sich also für die hochfließenden zahnärztlichen Porzellane folgender Satz aufstellen: Je niedrigprozentiger der Alkohol umso besser, je höherprozentiger desto schlechter gestalten sich die Ergebnisse.

5. Beim Vergleich der Biegefestigkeit jener Plättchen, die vor dem Brand einem Trockenprozeß von 1½ Tagen unterlagen und denen die einen normalen Trockenprozeß durchmachten, ergeben sich bei den hochfließenden Massen kaum Unterschiede. Wo die Werte stark abfallen (Hutschenreuther 1150° C), muß angenommen werden, daß die vollkommen ausgetrockneten Plättchen beim Einbringen in den Ofen erschüttert, in ihrem inneren Gefüge gelockert wurden (Trockenrisse) und so eine mangelhafte Festigkeit ergaben. Bei Wienand 950° C ist der Mittelwert ebenfalls bedeutend schlechter.

Es ist also ein langer Trockenprozeß zu unterlassen, wie es im allgemeinen erforderlich ist, sich nach den Vorschriften der Fabriken, bezüglich der Verarbeitung der Massen vor dem Brand zu richten, um so die besten statischen Werte, mit Hilfe des noch wichtigeren sachgemäßen Brennens, sicherzustellen. Eine Nichtbeachtung dieses oder jenes Punktes oder gar das Zusammentreffen mehrerer Fehlerquellen müssen zum Mißerfolg führen. Habe ich nun durch vorschriftsmäßiges Verarbeiten, vor dem Brande, einen fehlerfreien „Rohling" erhalten, so gewinne ich durch den folgenden Bisquittbrand ein einwandfreies Brenngut, dessen Biegefestigkeit den günstigsten Wert aufweist.

Übung und Erfahrung, ein gutes Vertrautsein mit den Eigenschaften der Masse und des Ofens, gute Präparationstechnik, scharfe Indikationsstellung und nicht zuletzt eine gewisse Kunstfertigkeit sind diejenigen Faktoren, die zum Gelingen der Arbeit erforderlich sind und so die Keramik zu einer Lieblingsbeschäftigung machen.

Für die Überlassung des Themas spreche ich Frau Professor Maria Kösters meinen besten Dank aus.

LITERATUR-VERZEICHNIS

Dr. V. Ilg: Zahnärztliche Keramik.

LEBENSLAUF.

Am 22. März 1912 wurde ich als Sohn des Dentisten Karl Hartmann und seiner Ehefrau Maria, geb. Klein, zu München geboren. Nacheinem 4jährigen Besuch der Volksschule in Miesbach kam ich in die am selben Ort befindliche Realschule. Eine Übergangsprüfung gestattete mir den Eintritt in die Oberrealschule in Rosenheim, wo ich im Jahre 1931 die Reifeprüfung bestand. Anschließend begann ich an der Universität in München das Studium der Zahnheilkunde. Im Frühjahr 1932 legte ich dortselbst die Vorprüfung ab und beendete mein Studium mit dem zahnärztlichen Staatsexamen im März 1936.